



Ulf Utterholm

## Lohkoketjutekniikan integrointi toimitusketjujen hallintaan OutSystems-alustalla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tieto- ja viestintäteknikka

Insinöörityö

21.8.2025

# Tiivistelmä

Tekijä:	Ulf Utterholm
Otsikko:	Lohkoketjutekniikan integrointi toimitusketjujen hallintaan OutSystems-alustalla
Sivumäärä:	34 sivua
Aika:	21.8.2025
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Tieto- ja viestintätekniikka
Ammatillinen pääaine:	Ohjelmistotuotanto
Ohjaajat:	Lehtori Vesa Ollikainen

---

Tämä insinööri työ tutkii lohkoketjuteknologian ja OutSystems-alustan integrointia toimitusketjun hallinnan tukemiseksi. Työn tavoitteena oli analysoida integraation potentiaalia, kehittää prototyyppi sen toteuttamiseksi ja arvioida ratkaisun soveltuvuutta liiketoiminnan tarpeisiin. Lisäksi työn tavoitteena oli tarkastella prototyypin suorituskykyä sekä sen kykyä tuottaa lisäarvoa käyttäjille ja organisaatioille.

Prototyypissä rakennettiin toimitusketjua kuvaava ratkaisu, jossa OutSystems toimi sovelluskehityksen alustana ja lohkoketju hyödynnettiin transaktioiden tallentamiseen ja varmentamiseen. Käyttäjät pystyivät tekemään tilauksia, muokkaamaan hylättyjä tilauksia ja lähettämään ne uudelleen hyväksyttäväksi. Hyväksytyt tilaukset tallentuivat lohkoketjuun lohkoina, jolloin niiden eheys ja jäljitettävyyden säilyivät.

Tutkimus toi kuitenkin esille merkittäviä haasteita. OutSystemsin päivitykset vaikuttivat lohkoketjun tietojen pysyvyyteen, mikä heikensi ratkaisun luotettavuutta. Lisäksi virheenkorjaus osoittautui vaikeaksi, koska ongelmien paikantaminen ja ratkaiseminen lohkoketjun ja OutSystemsin rajapinnassa oli monimutkaista. Myös kehitysprosessi monimutkaistui, kun integraatio vaati lisärakenteita ja räätälöityjä ratkaisuja, mikä vähensi sen käytännön hyötyjä.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että vaikka lohkoketju ja OutSystems ovat molemmat tehokkaita teknologioita omilla alueillaan, niiden yhdistäminen ei tuota merkittäviä etuja toimitusketjun hallintaan. Työn johtopäätöksenä esitetään, että organisaatioiden on arvioitava tarkasti integraation tuomat lisäarvot suhteessa sen kustannuksiin ja monimutkaisuuteen. Vaihtoehtoiset teknologiat voivat tarjota kevyempiä ja helpommin ylläpidettäviä ratkaisuja toimitusketjujen optimointiin.

Olen käyttänyt OpenAI:n ChatGPT:n versiota 5 tutkimusasetelman ideoinnissa ja työn jäsentelyssä ja otsikoinnissa. Olen myös käyttänyt samaa ohjelmaa tekstini kieliasun viimeistelyyn ja lähdeviitteiden muotoiluun. Opinnäytetyön tekijänä olen vastuussa kaikesta opinnäytteeni sisällöstä.

Avainsanat: lohkoketju, OutSystems, toimitusketjun hallinta, integraatio, prototyyppi, tietoturva, läpinäkyvyys, optimointi

---

## Abstract

Author: Ulf Utterholm  
Title: Integration of Blockchain Technology with Supply Chain in OutSystems platform  
Number of Pages: 34 pages  
Date: 21 August 2025

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Information Technology  
Professional Major: Software Engineering  
Supervisors: Vesa Ollikainen, Senior Lecturer

---

This thesis investigates the integration of blockchain technology with the OutSystems platform to support supply chain management. The objectives were to analyze the potential of such integration, develop a prototype demonstrating its implementation, and assess its suitability for business needs. In addition, the study aimed to evaluate the prototype's performance and its ability to deliver added value to users and organizations.

The prototype was designed to model supply chain processes where OutSystems served as the application development platform and blockchain was used to store and verify transactions. Users were able to create orders, modify rejected ones, and resubmit them for approval. Approved orders were recorded as blocks in the blockchain, ensuring data integrity and traceability.

However, several challenges emerged. OutSystems updates affected the persistence of blockchain data, reducing the reliability of the solution. Debugging proved difficult due to the complexity of identifying and resolving issues between OutSystems and the blockchain layer. Furthermore, the development process became more complex, as the integration required additional structures and custom solutions, limiting its practical benefits.

The findings suggest that while blockchain and OutSystems are both powerful technologies within their respective domains, their combination does not provide significant advantages for supply chain management. The thesis concludes that organizations should carefully weigh the added value of such integration against its costs and complexity. Alternative technological approaches may offer simpler and more maintainable solutions for supply chain.

I have used OpenAI's ChatGPT version 5 for brainstorming the research design, structuring the work, and formulating titles. I have also used the same tool for refining the language of my text and formatting the references. As the author of this thesis, I am responsible for all the content of my work.

Keywords: blockchain, OutSystems, supply chain management, integration, prototype, security, transparency, optimization

---

# Sisällys

Lyhenteet

Sanasto

1	Johdanto	1
2	Lähtökohdat	2
2.1	Taustatietoja	2
2.2	Opinnäytetyön kysymykset ja tavoitteet	3
3	Toimitusketjun hallinta ja sen haasteet	4
3.1	Toimitusketjun hallinnan perusteet	5
3.2	Haasteet toimitusketjun hallinnassa	6
3.3	Tarve tehokkaammalle ratkaisulle	7
4	Lohkoketjuteknologian perusteet	8
4.1	Lohkoketjuteknologian toimintaperiaatteet	9
4.2	Lohkoketjujen mahdollisuudet toimitusketjun hallinnassa	10
4.3	Lohkoketjuteknologian edut ja haasteet	11
5	OutSystemsin esittely ja mahdollisuudet toimitusketjuratkaisuissa	12
5.1	OutSystemsin perusteet ja toimintaperiaatteet	13
5.2	OutSystemsin sovellusmahdollisuudet	14
5.3	OutSystemsin edut ja haasteet toimitusketjuympäristössä	15
6	Lohkoketjuteknologian ja OutSystemsin integraation mahdollisuudet	17
6.1	Integraation edut ja mahdollisuudet	17
6.2	Tekninen arkkitehtuuri	17
6.3	Prototyypin suunnittelu	20
6.4	Prototyypin toteutus	20
6.4.1	Moduulin päätoiminnot	21
6.4.2	Tietorakenne ja looginen prosessi	21
6.4.3	Moduulin toimintalogiikka	22
6.4.4	Transaktion luonti	24
6.4.5	Allekirjoituksen vahvistus	25

6.4.6	API-pohjainen tilanpäivitys	26
6.5	Prototyypin testaus	26
7	Tulosten analysointi ja arviointi	29
8	Yhteenveto	30
8.1	Mahdolliset kehityssuunnat	30
8.2	Loppupäätelmät	31
	Lähteet	32

## Lyhenteet

API	Application Programming Interface. Ohjelmointirajapinta, joka mahdollistaa eri ohjelmistojen ja järjestelmien välisen kommunikoinnin.
JSON	JavaScript Object Notation. Kevyt tietojen esitysmuoto, jota käytetään tiedonsiirrossa esimerkiksi API-rajapintojen kautta.
PoS	Proof of Stake. Konsensusalgoritmi, jossa transaktioiden vahvistus perustuu osallistujien omistamiin tokeneihin tai stakeen.
PoW	Proof of Work. Konsensusalgoritmi, jossa lohkoketjun tapahtumat vahvistetaan suorittamalla laskennallisesti raskaita tehtäviä.
RSA	Rivest–Shamir–Adleman. Kryptografinen algoritmi, jota käytetään tiedon salaamiseen ja digitaalisten allekirjoitusten luomiseen.

## Sanasto

Algoritmi	Sarja askelia tai sääntöjä ongelman ratkaisemiseksi.
Allekirjoituksen vahvistus	Kryptografinen prosessi, jolla tarkistetaan, että tietoa ei ole muutettu.
Backend	Sovelluksen taustajärjestelmä, joka käsittelee dataa ja liiketoimintalogiikkaa.
Frontend	Sovelluksen käyttöliittymä, jonka kautta käyttäjät ovat vuorovaikutuksessa.
Hajautettu järjestelmä	Järjestelmä, jossa tieto ja prosessointi on jaettu useisiin solmuihin.
Konsensusmekanismi	Menetelmä, jolla lohkoketjun osallistujat pääsevät yksimielisyyteen transaktioiden oikeellisuudesta.
Lohko	Block. Yksittäinen tietopaketti lohkoketjussa, joka sisältää transaktioita.
Lohkoketju	Blockchain. Hajautettu tietokanta, joka tallentaa tapahtumat ketjutettuina lohkoina.
Läpinäkyvyys	Transparency. Kyky seurata toimitusketjun tapahtumia avoimesti ja luotettavasti.
Matalakoodialusta	Low-code platform. Kehitysympäristö, joka mahdollistaa sovellusten rakentamisen ilman syvällistä ohjelmointia.
Monitorointi	Monitoring. Prosessi, jolla seurataan järjestelmän suorituskykyä ja virhetilanteita.

OutSystems	Matalakoodialusta sovelluskehitykselle.
Salaus	Encryption. Tiedon muuntaminen muotoon, jota voi lukea vain oikeilla avaimilla.
Tietorakenne	Tapa organisoida ja tallentaa tietoa järjestelmässä.
Tiiviste	Hash. Kryptografinen funktio, joka muuttaa syötetiedon kiinteän pituiseksi merkkijonoksi.
Toimitusketju	Supply Chain. Prosessi, joka kattaa tuotteen tai palvelun matkan raaka-aineista asiakkaalle.
Toimitusketjun hallinta	Supply Chain Management. Strateginen lähestymistapa toimitusketjun suunnitteluun ja ohjaamiseen.
Transaktio	Transaction. Tietue, joka kuvaa jonkin tapahtuman, kuten tilauksen, siirron tai maksun.
URL	Uniform Resource Locator. Verkkotunnus tai osoite, jolla resurssi löytyy internetistä.
Varastonhallinta	Prosessit, joilla hallitaan varastotasoja ja tuotteiden liikkeitä.
Älykäs sopimus	Smart Contract. Lohkoketjuun tallennettu ohjelmakoodi, joka suoritetaan automaattisesti ehtojen täytyessä.

# 1 Johdanto

Toimitusketjujen hallinnan kehittyvässä maailmassa tehokkuuden ja läpinäkyvyyden merkitys korostuu entisestään. Globaalit toimitusketjut kohtaavat jatkuvasti haasteita, kuten tehottomuutta, virheellisiä tietoja ja riskienhallinnan puutteita, jotka voivat vaikuttaa merkittävästi liiketoiminnan suorituskykyyn. Ratkaistakseen nämä haasteet organisaatiot ovat alkaneet tutkia uusia teknologioita ja innovatiivisia lähestymistapoja, jotka voivat parantaa toimitusketjun hallintaa. (Christopher 2016.)

Yksi näistä teknologioista, lohkoketju, on noussut esiin potentiaalisena ratkaisuna tarjoten hajautetun ja läpinäkyvän tietokannan, joka tallentaa tapahtumat turvallisesti ja peruuttamattomasti. Toisaalta nopean sovelluskehityksen alusta, kuten OutSystems, mahdollistaa nopean ja joustavan sovellusten kehityksen ja integroinnin monenlaisiin liiketoiminnan tarpeisiin. (Nakamoto 2008.)

Tämä tutkielma keskittyy tutkimaan mahdollisuuksia integroida lohkoketjuteknologiaa OutSystems-alustaan tehokkaamman ja läpinäkyvämmän toimitusketjun hallinnan saavuttamiseksi. Tarkoituksena on analysoida näiden kahden teknologian yhteistoiminnallisuutta ja mahdollisia hyötyjä sekä kehittää prototyyppi, joka demonstroi integraation käytännön soveltamista. (Carson; Romanelli; Walsh & Zhumaev 2018.)

Opinnäytetyön tavoitteena on tarjota kattava ymmärrys lohkoketjuin ja OutSystemsin integroinnin mahdollisuuksista ja haasteista toimitusketjun hallinnassa sekä tuoda esiin ehdotuksia ja suosituksia tulevaisuuden tutkimuksille ja käytännön sovelluksille. Lisäksi opinnäytetyö pyrkii tarjoamaan arvokasta panosta niille, jotka ovat kiinnostuneita parantamaan toimitusketjun hallintaa uusien teknologisten ratkaisujen avulla. (Saber; Kouhizadeh; Sarkis & Shen 2019.)

## 2 Lähtökohdat

Toimitusketjun hallinta on keskeinen osa monien yritysten toimintaa, ja sen tehokkuudella ja läpinäkyvyydellä on suuri vaikutus liiketoiminnan suorituskykyyn ja asiakastyytyväisyyteen. Toimitusketjun hallintaan liittyy usein monimutkaisia prosesseja, jotka kattavat tuotteiden ja palveluiden suunnittelun, hankinnan, valmistuksen, varastoinnin ja jakelun. (Sairanen 2024.)

### 2.1 Taustatietoja

Nykyiset toimitusketjujärjestelmät kohtaavat useita haasteita, kuten tietojen epäluotettavuutta, varastotarpeiden epätarkkuutta, viiveitä tilausten käsittelyssä ja vaikeuksia seurata tuotteiden alkuperää ja kulkua koko toimitusketjussa. Nämä haasteet voivat johtaa tehottomuuteen, ylimääräisiin kustannuksiin ja jopa tuotteiden väärentämiseen tai hukkumiseen toimitusketjussa. (Lambert & Cooper 2000.)

Lohkoketjuteknologia on herättänyt kasvavaa kiinnostusta mahdollisena ratkaisuna näihin toimitusketjuhaasteisiin. Lohkoketju tarjoaa hajautetun ja läpinäkyvän tietokannan, joka tallentaa tapahtumat turvallisesti ja peruuttamattomasti. Tämä mahdollistaa reaaliaikaisen ja luotettavan tiedonvaihdon osapuolten välillä, mikä voi parantaa toimitusketjun tehokkuutta ja läpinäkyvyyttä. (Saber; Kouhizadeh; Sarkis & Shen 2019.)

Toisaalta OutSystems on nopean sovelluskehityksen alusta, joka mahdollistaa nopean ja joustavan sovellusten kehityksen ja integroinnin. OutSystems tarjoaa monipuolisia työkaluja ja valmiita komponentteja, jotka voivat auttaa organisaatioita luomaan räätälöityjä sovelluksia toimitusketjun hallintaan. (OutSystems Platform Overview 2023.)

## 2.2 Opinnäytetyön kysymykset ja tavoitteet

Tämän opinnäytetyön päätarkoituksena on tutkia mahdollisuuksia integroida lohkoketjuteknologiaa OutSystems-alustaan toimitusketjujen hallinnan tehostamiseksi. Opinnäytetyö pyrkii tarjoamaan syvällistä ymmärrystä integraation mahdollisuuksista ja haasteista sekä esittämään suosituksia organisaatioille, jotka harkitsevat näiden teknologioiden käyttöönottoa toimitusketjun optimoinnissa.

Tässä opinnäytetyössä haetaan vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

1. Millaisia hyötyjä lohkoketjuteknologian ja OutSystems-alustan integroinnista voi olla toimitusketju-hallinnassa?
2. Miten lohkoketjuteknologia ja OutSystems-alusta voivat toimia yhdessä tehokkaamman ja läpinäkyvämmän toimitusketjun hallinnan saavuttamiseksi?
3. Mitkä ovat integraation toteuttamisen haasteet ja ratkaisut toimitusketjun kontekstissa?
4. Kuinka hyvin kehitetty prototyyppi vastaa toimitusketju-hallinnan tarpeisiin ja käyttäjävaatimuksiin?
5. Mitä oppia voidaan saada integroinnin onnistumisesta ja käytännön soveltamisesta tosielämän tilanteissa?

Työn tavoitteet ovat:

1. Analysoida lohkoketjuteknologian ja OutSystems-alustan integroinnin potentiaalia toimitusketju-hallinnassa.
2. Kehittää prototyyppi, joka demonstroi integraation käytännön soveltamista ja hyötyjä.

3. Arvioida prototyypin suorituskykyä ja sen vastaavuutta liiketoimintatarpeisiin sekä tarkastella sen kykyä tuottaa käyttäjille merkittävää lisäarvoa.
4. Tuottaa suosituksia ja ohjeita organisaatioille integraation toteuttamiseksi ja hyödyntämiseksi toimitusketjun optimoinnissa.

Nämä opinnäytetyön kysymykset ja tavoitteet ohjaavat tutkimuksen kulkua ja auttavat vastaamaan keskeisiin kysymyksiin integraation mahdollisuuksista, haasteista ja hyödyistä toimitusketjujen hallinnassa.

Tämän rakenteen avulla tutkielma etenee loogisesti aiheen esittelystä ja taustatiedon antamisesta opinnäytetyön kysymysten ja tavoitteiden kautta aina tulosten analyysiin ja johtopäätöksiin asti.

### **3 Toimitusketjun hallinta ja sen haasteet**

Toimitusketjun hallinta on strateginen lähestymistapa, joka keskittyy tuotteiden ja palveluiden virtauksen hallintaan valmistajilta vastaanottajille tai loppuasiakkaille. Toimitusketju koostuu monista eri vaiheista, kuten raaka-aineiden hankinnasta, tuotannon suunnittelusta, varastoinnista, jakelusta ja asiakaspalvelusta. Tehokas toimitusketjun hallinta on olennainen osa organisaation menestystä, sillä se voi vaikuttaa suoraan kustannuksiin, asiakastyytyvyyteen ja kilpailukykyyn markkinoilla. (Stadtler 2015.)

Kuitenkin toimitusketjuhallinta kohtaa useita haasteita, jotka voivat vaikuttaa sen tehokkuuteen ja suorituskykyyn. Yksi keskeisistä haasteista on tietojen ja tiedonkulun epäluotettavuus. Usein toimitusketjussa on useita osapuolia, kuten valmistajia, toimittajia, jakelijoita ja kuljetusyriä, jotka toimivat eri järjestelmien ja prosessien kanssa. Tämä voi johtaa tietojen puutteisiin, virheisiin ja viiveisiin, mikä vaikeuttaa toimitusketjun tehokasta hallintaa. (Lambert & Cooper 2000.)

Lisäksi toimitusketjun monimutkaisuus ja dynaamisuus tekevät sen haavoittuvaksi erilaisille riskeille, kuten raaka-aineiden saatavuuden, tuotantohäiriöiden, kuljetusviiveiden ja markkinamuutosten häiriöille. Näiden riskien tehokas hallinta vaatii realistista ja reaaliaikaista näkymää toimitusketjuun, mikä on usein haastavaa perinteisillä hallintajärjestelmillä. (Stadtler 2015.)

Toinen merkittävä haaste on varastotasojen optimointi. Liialliset varastotasot voivat aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia varastoinnista ja ylläpidosta, kun taas liian alhaiset varastotasot voivat johtaa kysyntään vastaamattomiin tilauksiin ja asiakastytymättömyyteen. Tasapainon löytäminen varastotasojen välillä vaatii tarkkaa ennustamista, suunnittelua ja varastonhallintaa. (Fjodorov 2021.)

Näiden haasteiden lisäksi toimitusketjun hallinnan on myös vastattava kasvaviin asiakasvaatimuksiin, kuten nopeampaan toimitukseen, parempaan palveluun ja korkeampaan tuotteiden laatuun. Tämä asettaa lisää painetta toimitusketjun hallinnalle ja vaatii jatkuvaa innovaatiota ja parannuksia toimintaprosesseihin.

### 3.1 Toimitusketjun hallinnan perusteet

Toimitusketjun hallinnassa on useita keskeisiä periaatteita, joihin kuuluvat muun muassa: kokonaisvaltainen lähestymistapa, kumppanuudet ja yhteistyö, tietojen jakaminen ja läpinäkyvyys, kustannustehokkuus ja optimointi, joustavuus ja reagointikyky. (Monczka; Handfield; Giunipero & Patterson 2009.)

Toimitusketjujen hallinta vaatii ensinnäkin kokonaisvaltaista lähestymistapaa, joka kattaa kaikki toimitusketjun vaiheet valmistajilta loppuvastaanottajille. Tämä tarkoittaa, että organisaation on ymmärrettävä ja hallittava kaikkia toimitusketjun osia tehokkaan ja sujuvan toiminnan varmistamiseksi. (Lambert & Cooper 2000.) Keskeistä on myös eri osapuolten välinen yhteistyö ja kumppanuuksien rakentaminen, sillä valmistajien, toimittajien, jakelijoiden ja kuljetusyritysten

väliset toimivat suhteet sekä avoin viestintä tukevat koko ketjun sujuvuutta. (Kuivamäki 2022.)

Yhtä tärkeää on tiedon jakaminen ja läpinäkyvyyden varmistaminen, sillä reaaliaikainen tieto vähentää viiveitä ja virheitä sekä auttaa kaikkia osapuolia suunnittelemaan toimintansa tehokkaammin. (Zubir 2014.) Toimitusketjun hallintaan kuuluu myös jatkuva kustannustehokkuuden tavoittelu ja prosessien optimointi, mikä voi tarkoittaa esimerkiksi varastotasojen ja kuljetuskustannusten minimointia, tuotannon huolellista suunnittelua sekä resurssien tehokasta käyttöä. Lisäksi joustavuus ja kyky reagoida nopeasti muuttuviin markkinaolosuhteisiin tai asiakastarpeisiin ovat olennaisia kilpailukyvyä säilyttämiseksi. (Pursiainen 2022.)

Näiden periaatteiden ymmärtäminen ja noudattaminen ovat keskeisiä tekijöitä tehokkaan toimitusketjun hallinnan saavuttamiseksi ja organisaation menestyksen tukemiseksi.

### 3.2 Haasteet toimitusketjun hallinnassa

Vaikka toimitusketjun hallinta tarjoaa monia etuja, se kohtaa useita haasteita, jotka voivat vaikuttaa sen tehokkuuteen ja suorituskykyyn. Yksi keskeisimmistä haasteista on tietojen ja tiedonkulun epäluotettavuus. Toimitusketjuun osallistuu usein useita osapuolia, kuten valmistajia, toimittajia, jakelijoita ja kuljetusyrityksiä, jotka käyttävät erilaisia järjestelmiä ja prosesseja. Tämä monimutkaisuus voi aiheuttaa tietojen puutteita, virheitä ja viiveitä, mikä vaikeuttaa toimitusketjun hallintaa. (Nenonen 2018.)

Myös riskienhallinnan puute on merkittävä ongelma, sillä toimitusketju on altis monille riskeille, kuten raaka-aineiden saatavuuden häiriöille, tuotantokatkoksille, kuljetusviiveille ja markkinamuutoksille. Jos riskejä ei hallita ennakoivasti, seurauksena voi olla ylimääräisiä kustannuksia, viiveitä ja asiakastytymättömyyttä. Varastotasojen hallinta ja optimointi ovat nekin haastavia tehtäviä: liian suuret varastot lisäävät varastointi- ja

ylläpitokustannuksia, kun taas liian pienet varastot voivat johtaa tilausten viivästymiseen ja kyvyttömyyteen vastata kysyntään. (Virtanen 2022.)

Toimitusketjun kokonaisvaltaisen näkemyksen puute voi sekin haitata toimintaa, sillä usein ketjun eri osat ovat organisaatiossa eriytettyjä ja toimivat irrallaan toisistaan. Tämä voi estää kokonaiskuvan muodostumisen toimitusketjun toiminnasta ja suorituskyvystä. (Virtanen 2022.) Lisäksi asiakasvaatimusten jatkuva muutos ja kasvu asettavat suuria vaatimuksia toimitusketjulle, joka joutuu mukautumaan muuttuviin odotuksiin ja tarjoamaan joustavia sekä reagoivia ratkaisuja. Tämä puolestaan edellyttää jatkuvaa innovaatiota ja toimintaprosessien kehittämistä. (Makkonen 2023.)

Nämä haasteet ovat keskeisiä tekijöitä, jotka vaikuttavat toimitusketjun hallinnan tehokkuuteen ja suorituskykyyn. Niiden ymmärtäminen ja niihin vastaaminen ovat olennaisia tekijöitä organisaation menestykselle ja kilpailukyvyille markkinoilla.

### 3.3 Tarve tehokkaammalle ratkaisulle

Nykyinen liiketoimintaympäristö asettaa organisaatioille kasvavia paineita toiminnan tehostamiseksi ja kilpailukyvyyn säilyttämiseksi markkinoilla. Tämä tarve koskee myös toimitusketjuhallintaa, jossa tehokkaat ja sujuvat toimintaprosessit ovat avainasemassa organisaation menestyksen kannalta. (Christopher 2016.)

Asiakkaiden odotukset ja vaatimukset ovat jatkuvassa muutoksessa, ja he odottavat entistä nopeampia toimituksia, parempaa palvelua ja korkeampaa tuotteiden laatua. Organisaatioiden on vastattava näihin vaatimuksiin tarjoamalla joustavia ja reagoivia toimitusketjun ratkaisuja. (Virtanen 2022.)

Toiseksi, tehokkaampi toimitusketjun hallinta voi auttaa organisaatioita minimoimaan kustannuksia (kustannusten optimointi) eri vaiheissa, kuten varastoinnissa, kuljetuksessa ja tuotannossa. Kustannusten optimointi on

tärkeää organisaation kannattavuuden ja kilpailukyvyn kannalta. (Christopher 2016.)

Myös läpinäkyvyyden lisääminen toimitusketjussa voi auttaa vähentämään riskejä, virheitä ja viiveitä, kun kaikki osapuolet voivat käyttää reaaliaikaista tietoa ja suunnitella toimintansa sen perusteella. Läpinäkyvyys voi edistää luottamusta ja yhteistyötä toimitusketjun eri osapuolten välillä. (Knuutila 2020.)

Tehokkaampi toimitusketjun hallinta voi auttaa organisaatioita tunnistamaan ja hallitsemaan riskejä paremmin, kuten raaka-aineiden saatavuutta, tuotantohäiriöitä ja markkinamuutoksia. Riskienhallinnan parantaminen voi auttaa organisaatioita vähentämään mahdollisia vahinkoja ja häiriöitä toimitusketjussa. (Pursiainen 2022.)

Viimeksi tehokas toimitusketjun hallinta voi toimia kilpailuetuna markkinoilla tarjoamalla parempaa asiakaspalvelua, nopeampia toimituksia ja alhaisempia kustannuksia kilpailijoihin verrattuna. Kilpailuedun säilyttäminen on tärkeää organisaation pitkän aikavälin menestyksen kannalta. (Pursiainen 2022.)

Nämä tekijät korostavat tarvetta tehokkaammalle ratkaisulle toimitusketjun hallinnassa, joka voi auttaa organisaatioita vastaamaan markkinoiden muutoksiin ja saavuttamaan liiketoiminnalliset tavoitteensa.

#### **4 Lohkoketjuteknologian perusteet**

Lohkoketjuteknologia on hajautettu ja jakamaton tietokantateknologia, joka tallentaa tapahtumia jatkuvasti kasvavana lohkoketjuna. Se perustuu hajautettuun ja läpinäkyvään verkostoon, joka mahdollistaa tietojen turvallisen tallentamisen ja jakamisen ilman keskitettyä valvontaa. (Ala-Koukkari 2020.)

Lohkoketjujen hajautetut, turvalliset ja läpinäkyvät ominaisuudet tarjoavat uusia mahdollisuuksia innovaatioille ja liiketoiminnan kehittämiseksi.

## 4.1 Lohkoketjuteknologian toimintaperiaatteet

Lohkoketjuteknologia perustuu useisiin keskeisiin toimintaperiaatteisiin, jotka mahdollistavat tietojen turvallisen ja hajautetun tallentamisen sekä tapahtumien luotettavan seurannan. (Nakamoto 2008.)

Lohkoketju koostuu useista lohkoista, jotka sisältävät tietoja tapahtumista. Jokainen lohko on liitetty edelliseen lohkoon kryptografisen tiivisteen avulla, mikä muodostaa lohkoketjun. Lohkoketju tallentaa tapahtumat pysyvästi ja peruuttamattomasti. (Ala-Koukkari 2020.)

Lohkoketju toimii hajautetulla verkostolla, jossa tietoja säilytetään useissa tietokoneissa tai laitteissa ympäri maailmaa. Tämä mahdollistaa tietojen jakamisen ja tallentamisen ilman keskitettyä valvontaa, mikä tekee siitä turvallisemman ja läpinäkyvämmän kuin perinteiset keskitetyt tietokannat. Lohkoketju käyttää kryptografiaa turvaamaan tietojen eheyden ja luottamuksellisuuden. Kunkin lohkon tiedot on suojattu kryptografisilla algoritmeilla, mikä estää tietojen muuttamisen tai väärentämisen. (Ala-Koukkari 2020.)

Lohkoketjuverkosto käyttää konsensusmekanismeja varmistamaan, että kaikki verkoston osapuolet ovat yhtä mieltä tapahtumien aitoudesta ennen niiden lisäämistä lohkoon. Yleisimpiä konsensusmekanismeja ovat esimerkiksi Proof of Work (PoW) ja Proof of Stake (PoS), jotka edellyttävät verkoston osapuolten suorittavan tietyn laskentatehtävän tai sijoittavan varoja varmistaakseen tapahtumien oikeellisuuden. (Ala-Koukkari 2020.)

Lohkoketjujen älykkäät sopimukset ovat ohjelmakoodia, joka suoritetaan automaattisesti, kun tietyt ehdot täyttyvät. Ne voivat automatisoida ja helpottaa liiketoimintaprosesseja lohkoketjuverkostossa, mikä vähentää tarvetta välikäsillemme ja lisää tehokkuutta. (Sorjonen 2019.)

Lohkoketjuteknologialla on laaja valikoima käyttötapauksia eri aloilla, kuten rahoitus, logistiikka, terveydenhuolto ja äänestysjärjestelmät. Sen avulla

voidaan parantaa läpinäkyvyyttä, turvallisuutta ja tehokkuutta monilla eri toimialoilla.

Nämä toimintaperiaatteet muodostavat perustan lohkoketjuteknologian toiminnalle ja mahdollistavat sen käytön monilla eri aloilla, kuten rahoituksessa, logistiikassa, terveydenhuollossa ja äänestysjärjestelmissä. Lohkoketju tarjoaa hajautetun, turvallisen ja läpinäkyvän tavan tallentaa ja jakaa tietoja verkossa, mikä avaa uusia mahdollisuuksia innovaatioille ja liiketoiminnan kehittämiseksi.

#### 4.2 Lohkoketjujen mahdollisuudet toimitusketjun hallinnassa

Lohkoketjuteknologialla on laaja valikoima sovellusmahdollisuuksia toimitusketjun hallinnassa. Ne voivat parantaa tehokkuutta, läpinäkyvyyttä ja turvallisuutta toimitusketjussa. (Makkonen 2023.) Seuraavassa on joitakin esimerkkejä näistä sovellusmahdollisuuksista.

Lohkoketjuin avulla voidaan tarjota reaaliaikaista seuranta ja jäljitettävyyttä toimitusketjussa. Jokainen tapahtuma tallennetaan lohkoketjuun, mikä mahdollistaa tuotteiden ja komponenttien jäljittämisen läpi koko toimitusketjun. Tämä auttaa tunnistamaan mahdollisia ongelmia tai viivästyksiä ja parantaa vastauskykyä toimitusketjun häiriöihin. (Makkonen 2023.)

Lohkoketjuteknologian avulla voidaan kehittää tehokkaampia ja läpinäkyvämpiä varastonhallintaratkaisuja. Älykkäät sopimukset voivat automatisoida varastonhallintaprosesseja, kuten tilausten käsittelyä ja varaston täydentämistä, mikä vähentää manuaalisen työn tarvetta ja virheiden mahdollisuutta. (Ala-Koukkari 2020.)

Lohkoketju tarjoaa mahdollisuuden parantaa tuoteturvallisuutta ja laadunvalvontaa toimitusketjussa. Jokainen tuotantovaihe ja komponentin alkuperä voidaan tallentaa lohkoketjuun, mikä mahdollistaa tuotteiden aitouden ja laadun seurannan. Tämä on erityisen tärkeää elintarvike- ja

lääketeollisuudessa, joissa turvallisuus- ja laatuvaatimukset ovat korkeat. (Reivonen 2018.)

Lohkoketju voi auttaa parantamaan toimittajien hallintaa ja sopimusnoudattavuutta toimitusketjussa. Älykkäät sopimukset voivat automatisoida toimittajasuhteiden hallintaprosesseja, kuten maksujen suorittamista ja toimitusten varmistamista, mikä vähentää riitoja ja parantaa sopimusnoudattavuutta. (Reivonen 2018.)

Lohkoketjujen avulla voidaan seurata ja todentaa kestävyys- ja vastuullisuusnäkökohtia toimitusketjussa. Tietojen läpinäkyvyys ja luotettavuus voivat auttaa varmistamaan, että tuotteet tuotetaan eettisesti ja ympäristöystävällisesti, mikä on tärkeää kuluttajien kasvavan tietoisuuden ja vaatimusten vuoksi. (Reivonen 2018.)

Nämä ovat vain muutamia esimerkkejä lohkoketjuteknologian sovellusmahdollisuuksista toimitusketjun hallinnassa.

### 4.3 Lohkoketjuteknologian edut ja haasteet

Lohkoketjuteknologiaan liitetään useita merkittäviä etuja, jotka tekevät siitä houkuttelevan ratkaisun erityisesti turvallisuutta, luotettavuutta ja läpinäkyvyyttä edellyttävissä sovelluksissa. Yksi sen keskeisistä vahvuuksista on korkea tietoturvasuoja, joka saavutetaan kryptografian avulla. Tieto tallennetaan hajautetusti ja läpinäkyvästi, minkä vuoksi sen manipulointi tai väärentäminen on huomattavasti vaikeampaa kuin perinteisissä keskitettyihin tietokantoihin perustuvissa järjestelmissä. (Nenonen 2018.) Samalla lohkoketju tarjoaa vahvan luotettavuuden ja eheyden: jokainen tapahtuma tallennetaan omaan lohkoonsa, mikä mahdollistaa sen jälkikäteen tarkistamisen ja todentamisen. (Nakamoto 2008.)

Myös läpinäkyvyys on merkittävä etu. Koska kaikki lohkot ovat julkisia ja jaettuja, järjestelmä tarjoaa korkean tason avoimuutta kaikille osallistujille.

(Nenonen 2018.) Lisäksi lohkoketjut voivat tarjota nopeutta ja tehokkuutta, vaikka verkon suorituskyky saattaa joissain tilanteissa olla rajallinen, se voi silti mahdollistaa arvon siirron tai sopimusten täytäntöönpanon perinteisiä järjestelmiä nopeammin ja vähemmällä välikäsillä. (Reivonen 2018.)

Hyötyjen rinnalla on kuitenkin tunnistettava myös haasteet, jotka voivat hidastaa tai rajoittaa teknologian käyttöönottoa. Yksi merkittävimmistä ongelmista liittyy suorituskykyyn. Suuri käyttäjämäärä tai korkea transaktiitiheys voi aiheuttaa pullonkauloja ja viivästyksiä, mikä rajoittaa järjestelmän skaalautuvuutta. (Granvik 2023.) Lisäksi lohkoketjujen käyttöä ohjaavat säädökset ja lainsäädäntö ovat monin paikoin vielä kehittymättömiä, mikä luo epävarmuutta ja voi jarruttaa investointeja. (Latvakoski 2020.)

Yksityisyyden suoja on toinen haasteellinen kysymys. Vaikka lohkoketju tarjoaa korkean tietoturvan, sen luontainen avoimuus tarkoittaa, että kaikki tapahtumat ovat lähtökohtaisesti julkisia. Tämä voi vaikeuttaa tietojen anonymisointia ja johtaa yksityisyysongelmiin. Lopuksi on huomioitava käyttöönoton monimutkaisuus. Teknologian integroiminen olemassa oleviin järjestelmiin ja prosesseihin edellyttää usein laajoja muutoksia, mikä voi hidastaa hyväksyntää ja käyttöönottoa organisaatioissa. (Sorjonen 2019.)

Yhteenvedona voidaan todeta, että lohkoketjuteknologialla on huomattava potentiaali parantaa turvallisuutta, luotettavuutta ja läpinäkyvyyttä, mutta sen menestyksenkäs hyödyntäminen edellyttää ratkaisujen löytämistä suorituskykyyn, sääntelyyn, yksityisyyteen ja käyttöönottoon liittyviin haasteisiin. Vasta kun nämä esteet on tunnistettu ja niihin on reagoitu, teknologia voi saavuttaa laajamittaisen hyväksynnän ja käytön.

## **5 OutSystemsin esittely ja mahdollisuudet toimitusketjuratkaisuissa**

OutSystems on nopea ja tehokas matalakoodialusta (low-code platform), joka mahdollistaa nopean sovelluskehityksen ja digitaalisten ratkaisujen

rakentamisen ilman syvää ohjelmointitaitoa. Sen avulla organisaatiot voivat rakentaa, mukauttaa ja julkaista sovelluksia nopeammin kuin perinteisillä kehitysmenetelmillä. (OutSystems documentation.) Luvussa 5.1 ja 5.2 on esitelty lyhyesti OutSystemsin ominaisuuksista ja mahdollisuuksista.

## 5.1 OutSystemsin perusteet ja toimintaperiaatteet

OutSystems tarjoaa visuaalisen kehitysympäristön, joka mahdollistaa sovellusten kehittämisen vetämällä ja pudottamalla valmiita komponentteja sekä ohjelmointia tarvittaessa. Sen laaja valikoima valmiita komponentteja ja moduuleita kattaa monenlaisia toiminnallisuuksia, kuten käyttöliittymäelementtejä, tietokantakyselyitä ja liiketoimintalogiikkaa. (OutSystems forge.) Yksi alustan vahvuuksista on sen kyky integroitua saumattomasti olemassa oleviin järjestelmiin ja teknologioihin, kuten tietokantoihin, API-rajapintoihin ja pilvipalveluihin. Tämä integrointikyky mahdollistaa nykyisten järjestelmien hyödyntämisen ja laajentamisen uusilla toiminnallisuuksilla. (OutSystems documentation.) Turvallisuutta tukevat sisäänrakennetut ominaisuudet, kuten käyttöoikeuksien hallinta, tietoturvasäännöt ja salaus. (OutSystems security.)

Alustalla kehitetyt sovellukset voidaan julkaista nopeasti ja kustannustehokkaasti, mikä tukee ketterää reagointia liiketoiminnan tarpeisiin ja markkinamuutoksiin. Myös sovellusten päivitys ja ylläpito onnistuvat vaivattomasti ilman merkittäviä lisäinvestointeja. (OutSystems the low-code platform.)

Teknologian toimintaperiaatteisiin kuuluu modulaarinen sovellusrakenne, joka mahdollistaa komponenttien uudelleenkäytön, laajentamisen ja ylläpidon. (OutSystems documentation.) Lisäksi kehitystä voidaan tehdä iteratiivisesti, mikä luo joustavan ja ketterän kehitysprosessin. Alustaa täydentää sen ekosysteemi, johon kuuluu sekä valmiita komponentteja että aktiivinen kehittäjäyhteisö. (Outsystems forge.)

Teollisuuden ja erityisesti toimitusketjun hallinnan ratkaisuisa OutSystems voi vähentää vasteaikoja, sujuvoittaa prosesseja ja selkeyttää käyttöliittymiä. Näin organisaatiot voivat toteuttaa sovelluksia nopeammin ja tehokkaammin kuin perinteisillä kehitysmenetelmillä. (OutSystems manufacturing.)

## 5.2 OutSystemsin sovellusmahdollisuudet

OutSystemsin avulla voidaan luoda monipuolisia ja tehokkaita sovelluksia. Tässä on joitakin esimerkkejä mahdollisuuksista, sekä voidaan kehittää sovelluksia varastohallinnan ja inventoinnin automatisointiin ja optimointiin. Näiden sovellusten avulla voidaan seurata varaston liikkeitä, hallita varastotasojen ja tilausten käsittelyä sekä optimoida inventointiprosesseja. (OutSystems use cases.)

1. Toimitusten seuranta ja reaaliaikainen päivitys. OutSystemsin avulla voidaan luoda sovelluksia toimitusten seurantaan ja reaaliaikaiseen päivitykseen. Näiden sovellusten avulla voidaan seurata toimitusten etenemistä, ilmoittaa asiakkaille toimitusaikatauluista ja antaa reaaliaikaista tietoa toimitusten tilasta. (OutSystems transportation logistics.)
2. Toimittajien hallinta. OutSystemsin avulla voidaan rakentaa sovelluksia toimittajien hallintaan ja yhteistyöhön toimitusketjussa. Näiden sovellusten avulla voidaan hallita toimittajasuhteita, seurata toimitusten aikatauluja ja varmistaa sopimusnoudattavuus. (OutSystems industries.)
3. Laatujärjestelmän hallinta. OutSystemsin avulla voidaan kehittää sovelluksia laatujärjestelmän hallintaan toimitusketjussa. Näiden sovellusten avulla voidaan seurata ja hallita tuotteiden laatua, suorittaa laaduntarkastuksia ja varmistaa tuotteiden täyttävän laatustandardit. (OutSystems industries.)

4. Kuljetushallinta. OutSystemsin avulla voidaan luoda sovelluksia kuljetushallintaan toimitusketjussa. Näiden sovellusten avulla voidaan seurata kuljetusten etenemistä, hallita kuljetusten aikatauluja ja reitityksiä sekä antaa reaaliaikaista tietoa kuljetusten tilasta. (OutSystems agile logistic solutions.)
5. Riskienhallinta. OutSystemsin avulla voidaan kehittää sovelluksia riskienhallintaan toimitusketjussa. Näiden sovellusten avulla voidaan tunnistaa ja hallita riskejä, kuten materiaalipulan tai toimitusviivästysten riskiä, ja suunnitella toimenpiteitä riskien minimoimiseksi. (OutSystems industries.)

Nämä ovat muutamia esimerkkejä OutSystemsin sovellusmahdollisuuksista toimitusketjuhallinnassa. OutSystemsin avulla organisaatiot voivat rakentaa räätälöityjä ja tehokkaita sovelluksia, jotka vastaavat niiden erityisiin tarpeisiin ja auttavat optimoimaan toimitusketjun hallintaa.

### 5.3 OutSystemsin edut ja haasteet toimitusketjuympäristössä

OutSystemsin käyttö toimitusketjuympäristössä tarjoaa merkittäviä mahdollisuuksia, mutta siihen liittyy myös haasteita, jotka on syytä huomioida ennen laajamittaista käyttöönottoa. Yksi alustan keskeisistä eduista on sen matalakoodipohjainen lähestymistapa, joka mahdollistaa sovellusten kehittämisen nopeasti ja tehokkaasti ilman syvällistä ohjelmointiosaamista. Tämä nopeus tukee organisaation kykyä reagoida ketterästi muuttuviin liiketoimintatarpeisiin ja markkinatilanteisiin. Kehitystyön lisäksi sovellusten julkaisu ja päivittäminen on vaivatonta, mikä mahdollistaa jatkuvan parantamisen ilman suuria lisäinvestointeja. (OutSystems low-code.)

Alustan modulaarinen rakenne ja laajennettavuus tekevät siitä erityisen joustavan. Komponentteja voidaan käyttää uudelleen eri projekteissa, ja sovelluksia on helppo muokata sekä laajentaa vastaamaan organisaation muuttuvia tarpeita. OutSystems myös integroituu useisiin olemassa oleviin

järjestelmiin ja teknologioihin, kuten tietokantoihin, API-rajapintoihin ja pilvipalveluihin, mikä helpottaa nykyisten ratkaisujen hyödyntämistä ja niiden täydentämistä uusilla toiminnallisuuksilla. Lisäksi sisäänrakennetut turvallisuusominaisuudet – kuten käyttöoikeuksien hallinta, tietoturvasäännöt ja salaus – tarjoavat korkean tason suojaa, mikä on erityisen tärkeää toimitusketjun kriittisessä toimintaympäristössä. (OutSystems documentation.)

Hyötyjen rinnalla on kuitenkin haasteita, jotka voivat vaikuttaa OutSystemsin käyttöön. Integraatiot nykyisiin järjestelmiin eivät aina ole täysin suoraviivaisia, ja joissakin tapauksissa tarvitaan räätälöityjä ratkaisuja, mikä voi lisätä kehityksen monimutkaisuutta ja kustannuksia. Myös suorituskyky ja skaalautuvuus voivat muodostua pullonkauloiksi, erityisesti silloin, kun ympäristössä käsitellään suuria transaktiomääriä ja monimutkaisia prosesseja. Lisäksi yhteensopivuus muiden toimitusketjujärjestelmien kanssa ei ole aina ongelmaton, sillä erilaiset standardit ja protokollat voivat vaatia lisätyötä ja teknisiä resursseja. (OutSystems integration builder.)

Käyttöönoton onnistuminen edellyttää myös riittävää koulutusta ja tukea. Organisaatioille, joilla ei ole aiempaa kokemusta matalakoodialustoista, oppimiskäyrä voi olla jyrkkä. Siksi on tärkeää panostaa henkilöstön osaamisen kehittämiseen ja varmistaa, että tarvittavat tukipalvelut ovat saatavilla koko käyttöönoton ja sovelluskehityksen ajan. (OutSystems documentation.)

Yhteenvetona voidaan todeta, että OutSystems tarjoaa toimitusketjuympäristössä monipuoliset työkalut nopeaan, joustavaan ja turvalliseen sovelluskehitykseen. Samalla sen tehokas hyödyntäminen edellyttää huolellista suunnittelua, integraatioiden hallintaa ja henkilöstön koulutusta, jotta mahdolliset tekniset ja organisatoriset esteet voidaan ylittää. Vaikka OutSystemsin käyttö tarjoaa useita etuja, se kohtaa myös joitakin haasteita, jotka on otettava huomioon ennen sen käyttöönottoa. On tärkeää arvioida huolellisesti organisaation tarpeet ja tavoitteet sekä selvittää, miten OutSystems voi parhaiten tukea niitä.

## 6 Lohkoketjuteknologian ja OutSystemsin integraation mahdollisuudet

### 6.1 Integraation edut ja mahdollisuudet

Lohkoketjuteknologian ja OutSystemsin integraatio tarjoaa useita mielenkiintoisia mahdollisuuksia, erityisesti toimitusketjuympäristössä. (OutSystems building blockchain app.)

Yksi ensimmäisistä eduista voi olla hajautettujen sovellusten kehittäminen. OutSystemsilla voidaan rakentaa käyttöliittymiä ja sovelluslogiikkaa, kun taas lohkoketjuteknologiaa voidaan käyttää taustalla olevien hajautettujen tietokantojen ja älykkäiden sopimusten toteuttamiseen. Näin voidaan luoda hajautettuja sovelluksia, jotka tarjoavat lisää läpinäkyvyyttä ja luotettavuutta toimitusketjussa. (OutSystems documentation.)

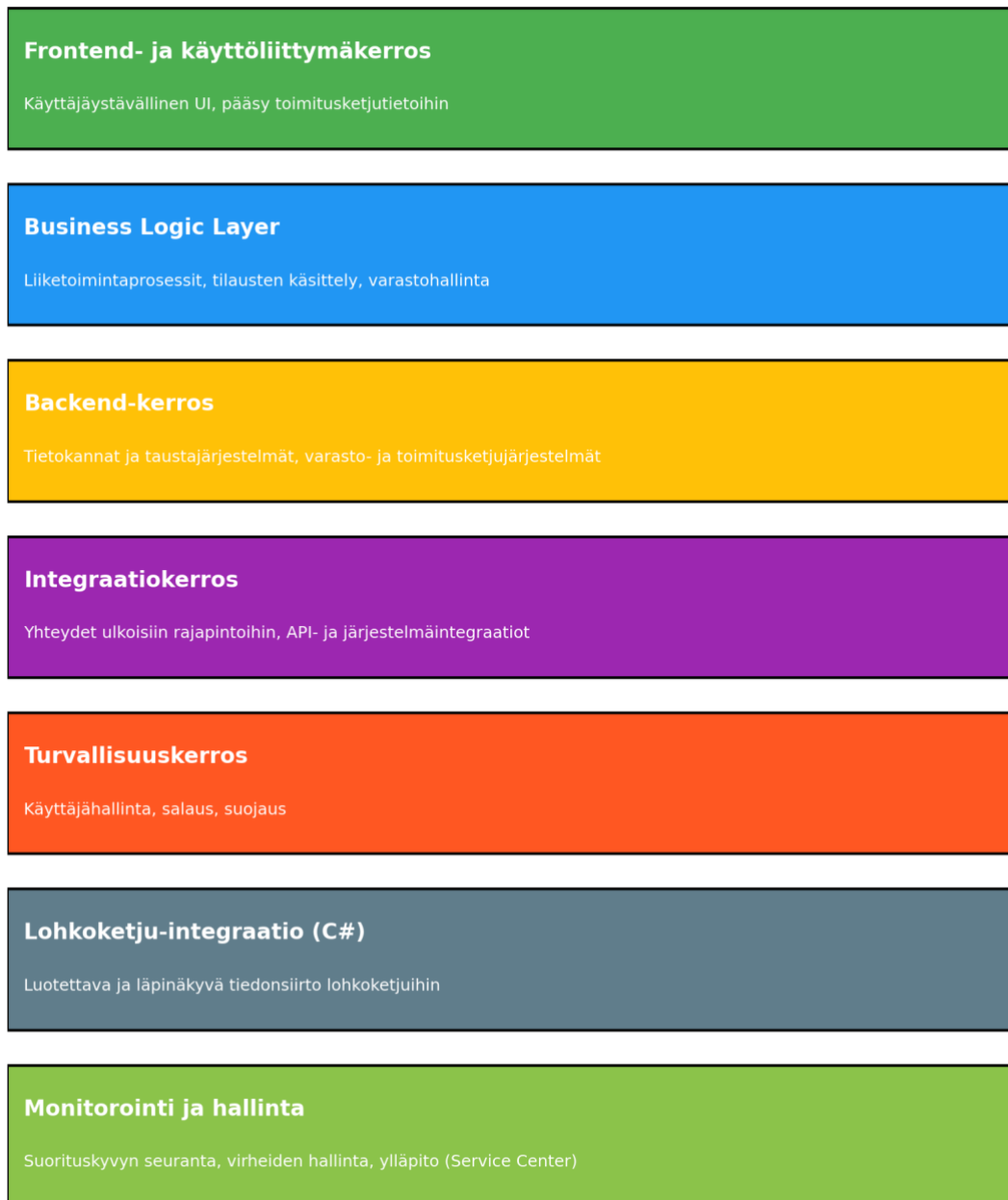
Toiseksi OutSystemsin avulla voidaan luoda sovelluksia, jotka tallentavat tietoja toimitusketjusta, kuten tuotteiden ja komponenttien liikkeitä. Näitä tietoja voidaan sitten tallentaa lohkoketjuihin, mikä mahdollistaa niiden turvallisen ja läpinäkyvän jäljittämisen läpi koko toimitusketjun.

Yhdistämällä nämä kaksi teknologiaa voidaan luoda tehokkaita ja läpinäkyviä ratkaisuja, jotka parantavat toimitusketjun tehokkuutta, läpinäkyvyyttä ja turvallisuutta.

### 6.2 Tekninen arkkitehtuuri

Integroitaessa lohkoketjuteknologiaa OutSystemsin kanssa toimitusketjuympäristöön, tekninen arkkitehtuuri on keskeinen osa projektin suunnittelua ja toteutusta.

Kuva 1 esittää yleiskatsauksen teknisestä arkkitehtuurista.



Kuva 1. OutSystems + Lohkoketju toimitusketjuympäristössä – kerrosarkkitehtuuri.

**Frontend- ja käyttöliittymäkerros:** Tämä kerros kattaa käyttöliittymän, jonka avulla käyttäjät vuorovaikuttavat sovelluksen kanssa. OutSystemsin avulla voidaan rakentaa käyttäjäystävällisiä ja intuitiivisia käyttöliittymiä, jotka tarjoavat

helpon pääsyn toimitusketjutietoihin ja –toimintoihin. (OutSystems documentation.)

**Business Logic Layer:** Tämä kerros käsittää sovelluksen liiketoimintalogiikan, kuten prosessien hallinnan, tietojen käsittelyn ja sovelluslogiikan. OutSystemsin avulla voidaan rakentaa modulaarisia ja skaalautuvia liiketoimintalogiikkakomponentteja, jotka käsittelevät toimitusketjutoimintoja, kuten tilausten käsittelyä ja varastohallintaa. (OutSystems documentation.)

**Backend-kerros:** Tämä kerros käsittää sovelluksen taustajärjestelmät ja tietokannat, jotka tallentavat ja käsittelevät toimitusketjutietoja. OutSystemsin avulla voidaan integroida erilaisia taustajärjestelmiä ja tietokantoja, kuten varasto-ohjelmistoja ja toimitusketjun hallintajärjestelmiä, tarjoamaan kattava näkymä toimitusketjutietoihin. (OutSystems documentation.)

**Integraation vaiheessa** on valittava C#-kieli, joka tarjoaa mahdollisuudet toteuttaa integraatio OutSystemsin ja lohkoketjulongiikan välillä. Tämä mahdollistaa luotettavan ja läpinäkyvän tietojen tallentamisen ja siirtämisen lohkoketjuihin. (OutSystems documentation.)

**Turvallisuuskerros:** Tämä kerros kattaa sovelluksen turvallisuusominaisuudet, kuten käyttäjähallinnan, tietojen salauksen ja suojaustoimenpiteet. On tärkeää varmistaa, että sekä OutSystems-sovellus että lohkoketjuintegraatio ovat turvallisia ja suojaavat arkaluontoisia tietoja. (OutSystems documentation.)

**Integraatiokerros:** Tämä kerros käsittää eri järjestelmien ja teknologioiden integraation sovellukseen. Tämä voi sisältää integraation olemassa oleviin tietojärjestelmiin, ulkoisiin rajapintoihin ja muihin sovelluksiin toimitusketjuympäristössä. (OutSystems documentation.)

**Monitorointi ja hallinta (OutSystems Service Center):** Tämä kerros kattaa sovelluksen monitoroinnin ja hallinnan ominaisuudet, kuten suorituskyvyn seurannan, virheiden hallinnan ja järjestelmän ylläpidon. On tärkeää varmistaa,

että sovellus toimii tehokkaasti ja virheet korjataan nopeasti. (OutSystems documentation.)

Kokonaisuutena tekninen arkkitehtuuri tarjoaa kehyksen, jonka avulla OutSystems-sovellus integroidaan lohkokejuteknologiaan toimitusketjuympäristössä. Tämä mahdollistaa tehokkaan ja läpinäkyvän toimitusketjun hallinnan, joka parantaa yrityksen kilpailukykyä ja suorituskykyä. (OutSystems documentation.)

### 6.3 Prototyypin suunnittelu

Tavoitteena on rakentaa käyttöliittymä, joka näyttää, miten loppukäyttäjät vuorovaikuttavat sovelluksen kanssa. Prototyypin rakentamisessa käytetään OutSystemsin visuaalista suunnittelutyökalua luomaan käyttäjäystävällisiä ja intuitiivisia käyttöliittymiä. Integroidaan OutSystems lohkokejtuun prototyypin rakentamiseksi hyödyntämällä alustan valmiita integraatiotyökaluja. Tämän jälkeen prototyyppi testataan perusteellisesti, jotta voidaan varmistaa sen odotustenmukainen toiminta eri käyttötilanteissa ja kuormitustasoilla.

Testitulosten pohjalta arvioidaan ratkaisun onnistumista suhteessa asetettuihin tavoitteisiin ja tehdään tarvittavat muutokset sekä parannukset. Lopuksi varmistetaan, että valmis sovellus täyttää määritellyt liiketoimintatarpeet ja tuottaa käyttäjille todellista arvoa.

### 6.4 Prototyypin toteutus

BCSoftware-moduuli on OutSystems Integration Studiossa kehitetty backend-ratkaisu, joka toteuttaa lohkokejupohjaisen transaktioiden hallinnan. Moduuli tarjoaa joukon toimintoja, joita käytetään sovelluksessa transaktioiden hallintaan ja tietojen jakamiseen muiden asiakasjärjestelmien kanssa API-kyselyiden kautta.

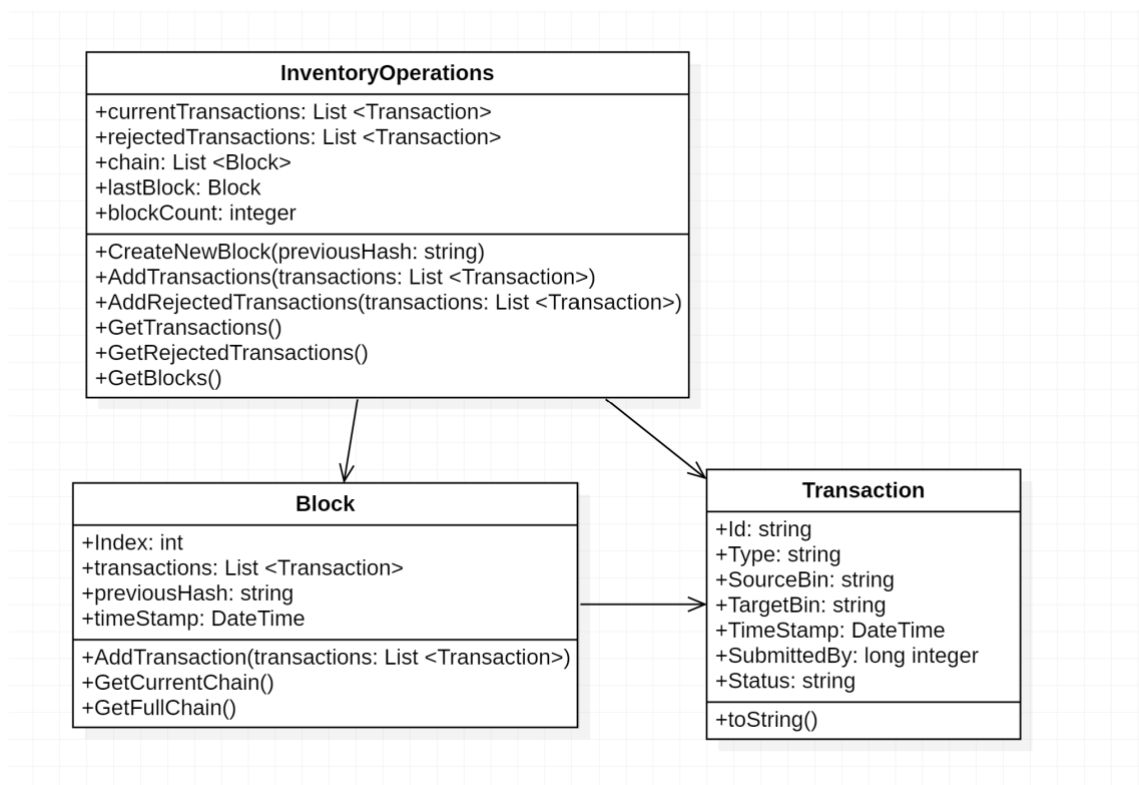
### 6.4.1 Moduulin päätoiminnot

BCSoftware-moduulin keskeinen tehtävä on hallita transaktioiden elinkaarta lohkoketjumallin mukaisesti. Se sisältää seuraavat toiminnot:

- GetBlocks – Palauttaa lohkoketjun kaikki hyväksytyt lohkot.
- GetFullChainJson – Palauttaa koko lohkoketjun JSON-muodossa.
- GetRejectedTransactions – Palauttaa kaikki hylätyt transaktiot.
- GetTransactions – Palauttaa kaikki hyväksytyt transaktiot.
- MergeFullChainByUrl – Yhdistää lohkoketjun tiedot annetun URL:n perusteella.
- SubmitTransaction – Lisää uuden transaktion käsittelyjonoon.

### 6.4.2 Tietorakenne ja looginen prosessi

BCSoftware-moduuli perustuu kuvan 2 mukaiseen tietomalliin:



Kuva 2. Luokkien rakennetta StarUML:ssä.

Seuraava luettelo esittää kaavioon merkittyjen ominaisuuksien ja metodien tarkoituksen:

### InventoryOperation

- `currentTransactions` (`List<Transaction>`) – transaktiot, jotka odottavat hyväksyntää
- `rejectedTransactions` (`List<Transaction>`) – hylätyt transaktiot
- `chain` (`List<Block>`) – lohkoketjun hyväksytyt lohkot
- `lastBlock` (`Block`) – tallentaa edellisen lohkon objektin
- `blockCount` (`int`) – lohkoketjun lohkojen kokonaismäärä.

### Block

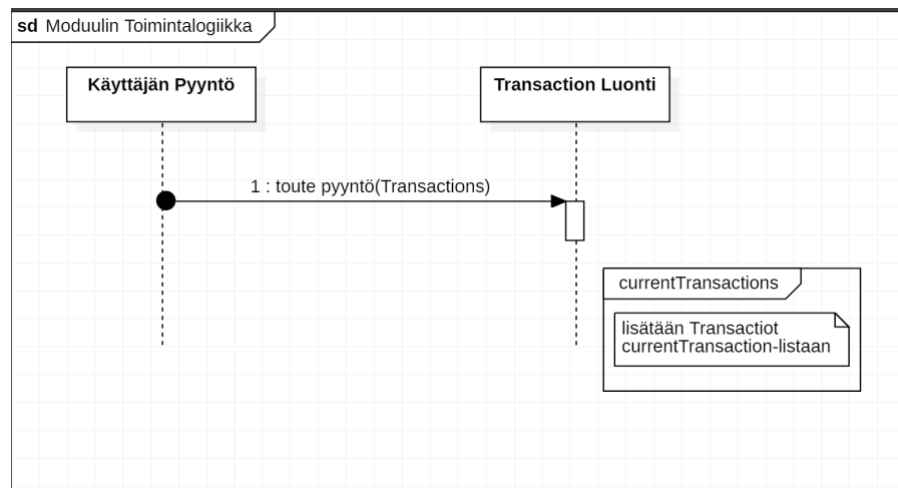
- `index` – uniikki tunniste
- `ansactions` – hyväksytyt transaktiot, jotka kuuluvat tähän lohkoon
- `previousHash` – edellisen lohkon tiiviste
- `timeStamp` – lohkon luontiaika.

### Transaction

- `Id` – uniikki tunniste
- `Type` – transaktion tyyppi
- `SourceBin` – mistä varastopaikasta tuote otetaan
- `TargetBin` – minne tuote siirretään
- `TimeStamp` – aikaleima
- `SubmittedBy` – käyttäjä, joka teki transaktion.

#### 6.4.3 Moduulin toimintalogiikka

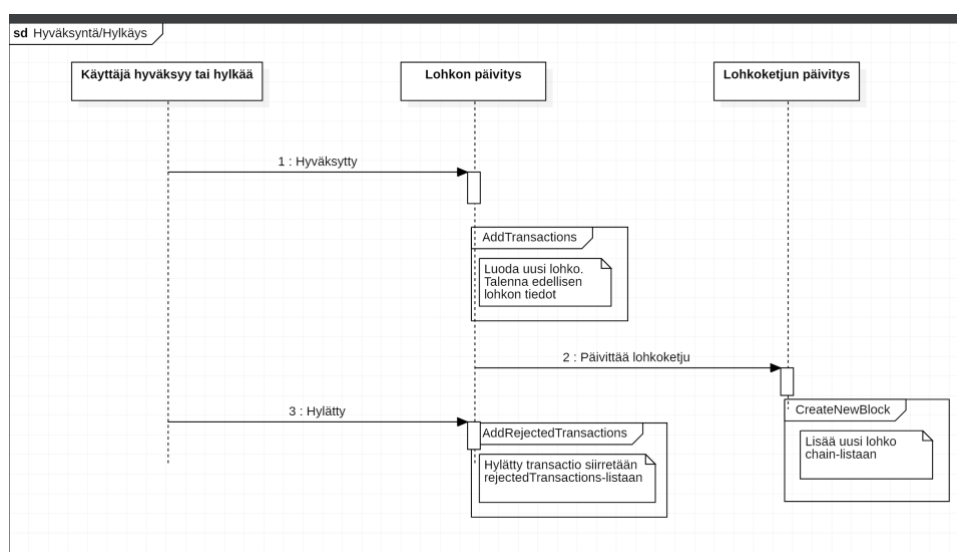
Prosessi alkaa, kun käyttäjä lähettää pyynnön tuotteen siirtämiseksi. Tämän seurauksena järjestelmä luo uuden `Transaction`-olion, joka tallennetaan `currentTransactions`-listaan (ks. kuva 3).



Kuva 3. Sekvenssikaavio Transaction luonti.

Seuraavassa vaiheessa käyttäjä, jolla on tarvittavat hyväksyntäoikeudet, joko hyväksyy tai hylkää transaktion. Hyväksynnän yhteydessä transaktio liitetään uuteen Block-olioon, kun taas hylätty transaktio siirretään rejectedTransactions-listaan.

Kun uusi lohko muodostetaan, sen eheys varmistetaan salaamalla edellisen lohkon tiedot, jolloin syntyy linkki lohkojen välille. Lopuksi uusi lohko lisätään chain-listaan (ks. kuva 4), jolloin lohkoketju päivittyy ja sisältää viimeisimmän hyväksytyn transaktion.



Kuva 4. Transaktion hyväksyntä tai hylkäys, lohkon päivitys, lohkoketjun päivitys.

#### 6.4.4 Transaktion luonti

Esimerkkikoodi 1 vastaa uuden lohkon luomisesta lohkoketjuun. Ennen uuden lohkon lisäämistä tarkistetaan edellisen lohkon allekirjoituksen oikeellisuus (paitsi ensimmäisen lohkon kohdalla). Mikäli vahvistus epäonnistuu, heitetään virhe, eikä transaktiota lisätä ketjuun.

Lohko sisältää seuraavat tiedot:

- indeksi: lohkon järjestysnumero ketjussa
- aikaleima: ajankohta, jolloin lohko luotiin
- transaktiot: lista nykyisestä transaktiokokoelmasta
- hylätyt transaktiot: lista niistä transaktioista, joita ei hyväksytty
- edellisen lohkon tiiviste (PreviousHash): uuden lohkon yhdistävä tunniste edelliseen lohkoon. Jos lohko ei ole ensimmäinen, se allekirjoitetaan digitaalisesti.

Kun lohko on luotu, transaktiolistat tyhjennetään ja uusi lohko lisätään ketjuun.

```

private Block CreateNewBlock(int proof, string previousHash = null)
{
    //Not validate signature for the first block
    if(_chain.Count > 0)
    {
        //verify
        var verified = Verify_signature(_lastBlock.ToString(),
previousHash);

        if (verified == false)
        {
            Logger.LogError("Validation not passed. Number of chains:
" + _chain.Count);
            throw new Exception("Transaction not valid");
            //return null;
        }
    }

    var block = new Block
    {
        Index = _chain.Count,
        TimeStamp = DateTime.UtcNow,
        Transactions = _currentTransactions.ToList(),
        RejectedTransactions = _rejectedTransactions.ToList(),
        PreviousHash = _chain.Count > 0 ?
Signature.Sign(_chain.Last().ToString()) : previousHash
    };

    _currentTransactions.Clear();
    _rejectedTransactions.Clear();
    _chain.Add(block);
    return block;
}

```

Esimerkkikoodi 1. Transaktion luonti.

#### 6.4.5 Allekirjoituksen vahvistus

Esimerkkikoodi 2 sisältää Verify-funktion, joka tarkistaa lohkon allekirjoituksen vertaamalla sitä lohkon tietoihin. Tämä toteutetaan seuraavasti:

1. Muutetaan lohkon tiedot tavujonoksi.
2. Muutetaan tiiviste (hash) takaisin tavumuotoon.
3. Käytetään RSA-salausta ja tuodaan julkinen avain.

4. Tarkistetaan, vastaako lohkon data sen allekirjoitusta käyttäen SHA256-tiivistealgoritmia ja PKCS#1-täyttöä.

Tämä varmennusmenetelmä takaa, että lohkon tiedot eivät ole muuttuneet sen jälkeen, kun ne on allekirjoitettu.

```
// Function to verify the signature by comparing it to the block data
public static bool Verify(string blockInfo, string blockChainHash)
{
    byte[] dataBytes = Encoding.UTF8.GetBytes(blockInfo);
    byte[] signatureBytes = Convert.FromBase64String(blockChainHash);

    using (RSA rsa = RSA.Create())
    {
        // Import public key for verification
        rsa.ImportParameters(_publicKey);

        // Verify the data using the signature, SHA256 hash
        algorithm, and PKCS#1 padding
        bool isValid = rsa.VerifyData(dataBytes, signatureBytes,
            HashAlgorithmName.SHA256, RSASignaturePadding.Pkcs1);

        return isValid;
    }
}
```

Esimerkkikoodi 2. Allekirjoituksen vahvistus.

#### 6.4.6 API-pohjainen tilannepäivitys

Toinen asiakasjärjestelmä voi pyytää transaktioiden nykytilannetta API-kutsun kautta. Tämä mahdollistaa dynaamisen tilannepäivityksen ja läpinäkyvän seurannan eri järjestelmien välillä.

### 6.5 Prototyypin testaus

Prototyypin testaus etenee vaiheittain, alkaen tuotteiden tilaamisesta Order Management -portaalin kautta (kuva 5).

ACME Dashboard Employee Requisition Other

Order ORD0072 Draft Delete order

**General Info**

Code: ORD0072

Account: Division

Order Date: 03/14/2025

Required On: 04/14/2025 11:58 AM

**Products**

Item	Units
in-ear audio black	5
laptop case pink	1

[Add new product](#)

Submit Save

Kuva 5. Tilauksen käsittely ja hyväksyntään lähetys – Hallinnoija käsittelee tilauksen ja lähettää sen hyväksyttäväksi.

Kun tilaus on käsitelty, sitä tarkastellaan ja tarvittaessa hylätään (kuva 6).

BC App Transactions **Waiting Confirmation** Blocks Andrea McKenzie

Hello, Andrea McKenzie Reject Selected

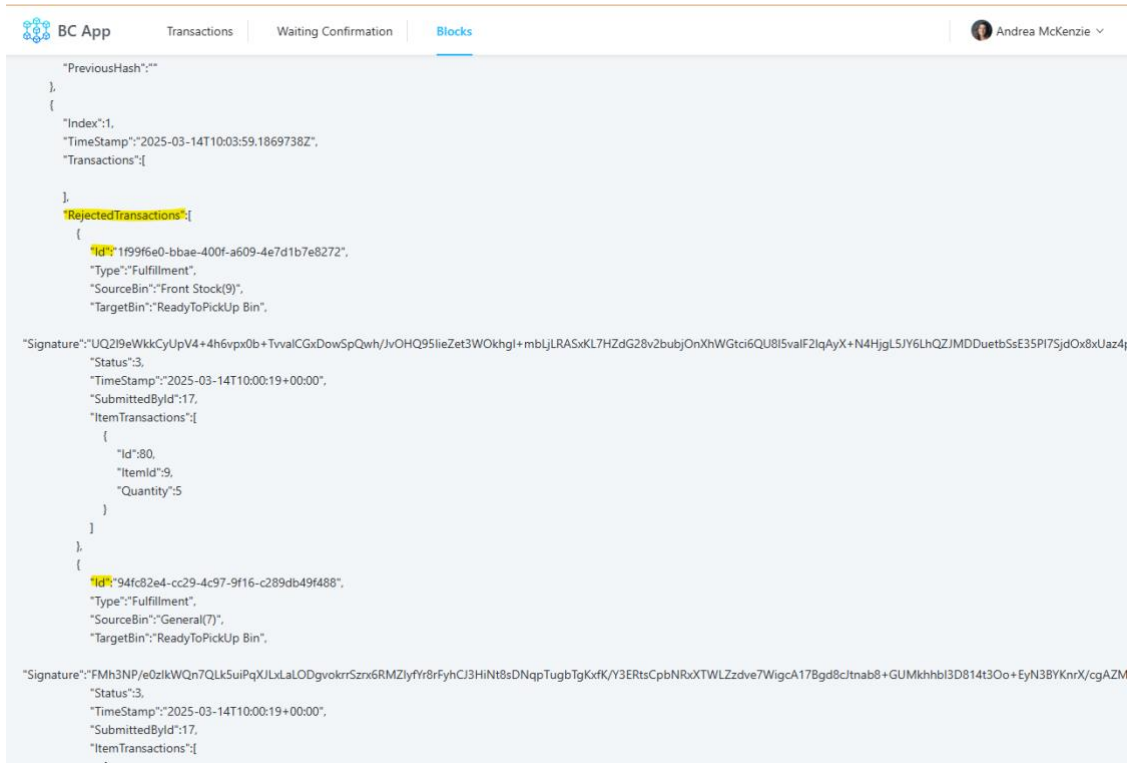
Transactions Waiting Approval

Search by description Posting date from Posting date to Reject Partially  Reset

Transaction date	Type	Source	Target	Signature	Submitted By	Select
14.03.2025	Fulfillment	5 x sku(9) - from	ReadyToPickUp Bin	UQ2I9eWkkCyUpV4+	José Felix	<input checked="" type="checkbox"/>
14.03.2025	Fulfillment	1 x sku(7) - from	ReadyToPickUp Bin	FMh3NP/e0zIkWQn7	José Felix	<input checked="" type="checkbox"/>

Kuva 6. Hyväksynnästä vastaava käyttäjä tarkastelee täytettyä tilausta Admin Portal -sovelluksessa ja hylätään sen.

Hylätty tilaus voidaan tämän jälkeen tarkistaa (kuva 7) ja siihen tehdään tarvittavat muutokset.



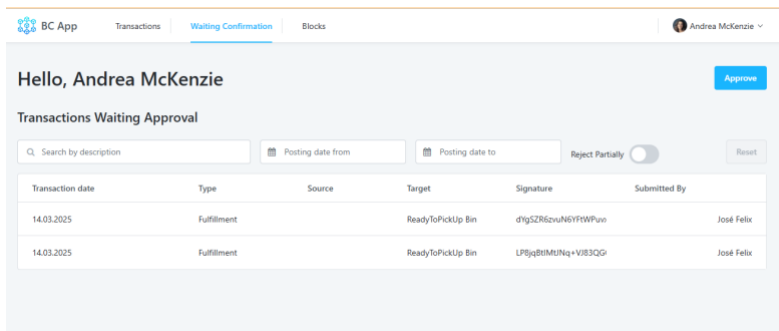
```

"PreviousHash": ""
},
{
  "Index": 1,
  "TimeStamp": "2025-03-14T10:03:59.1869738Z",
  "Transactions": [
  ],
  "RejectedTransactions": [
    {
      "id": "1f99f6e0-bbae-400f-a609-4e7d1b7e8272",
      "Type": "Fulfillment",
      "SourceBin": "Front Stock(9)",
      "TargetBin": "ReadyToPickUp Bin",
      "Signature": "UQ2t9eWkCyUpV4+4h6vpx0b+TvalCGxDowSpQwh/3rOHQ95lieZet3WOKhgl+mbLjLRASxKL7HZdG28v2bubjOnXhWGtci6QU8l5valF2lqAyX+N4Hjgl5JY6LhQZJMDDuetsE35PI7SjdOx8xUaz4",
      "Status": 3,
      "TimeStamp": "2025-03-14T10:00:19+00:00",
      "SubmittedBy": "17",
      "ItemTransactions": [
        {
          "id": 80,
          "Itemid": 9,
          "Quantity": 5
        }
      ]
    },
    {
      "id": "94fc82e4-cc29-4c97-9f16-c289db49f488",
      "Type": "Fulfillment",
      "SourceBin": "General(7)",
      "TargetBin": "ReadyToPickUp Bin",
      "Signature": "FMh3NP/e0zlkWQn7QLk5uiPqXJLxLaLODgvokrsSzrx6RMZlyfYr8rFyhCj3HiNt8sDNqpTugbTgKxfK/Y3ERtsCpbNRxXTWLZzdve7WigcA17Bgd8cIt nab8+GUMkhhbl3D814t3Oo+EyN3BYKnX/cgAZM",
      "Status": 3,
      "TimeStamp": "2025-03-14T10:00:19+00:00",
      "SubmittedBy": "17",
      "ItemTransactions": [
      ]
    }
  ]
}

```

Kuva 7. Varmistetaan, että hylätty tilaus näkyy Inventory Operation -luokan hylättyjen tilausten osiossa.

Hallinnoija muokkaa hylättyä tilausta ja lähettää sen uudelleen hyväksyttäväksi (kuva 8).



Hello, Andrea McKenzie Approve

Transactions Waiting Approval

Q Search by description Posting date from Posting date to Reject Partially Reset

Transaction date	Type	Source	Target	Signature	Submitted By
14.03.2025	Fulfillment		ReadyToPickUp Bin	dHgSZR6zvuN6YrWPuv	José Felix
14.03.2025	Fulfillment		ReadyToPickUp Bin	LP8jqBtMUNq+Vl83QGI	José Felix

Kuva 8. Hyväksytty tilaus.

Kun tilaus on tarkastettu ja hyväksytty (kuva 9), varmistetaan, että se on tallennettu omaan lohkoonsa lohkoketjussa. Lisäksi testauksessa vahvistetaan, että seuraava uusi tilaus tallentuu ketjun seuraavaan lohkoon, jolloin lohkoketjun rakenne säilyy eheänä ja ajantasaisena.

The screenshot shows the 'BC App' interface with a navigation bar containing 'Transactions', 'Waiting Confirmation', and 'Blocks'. The user 'Andrea McKenzie' is logged in. The 'Blocks' page displays three transaction blocks:

- Block 0:** Index: 0, Date & Time: 07.03.2025 11:08:07, Proof: 0, Hash: [redacted]. Transactions include 'Fron...' and 'Ware...'.
- Block 1:** Index: 1, Date & Time: 14.03.2025 12:03:59, Proof: 50, Hash: LvRer1Ua+ePUPExr4M8J0Wc/vjdAVZy... Transactions: [redacted].
- Block 2:** Index: 2, Date & Time: 14.03.2025 12:08:28, Proof: 32, Hash: vsczS/wDM+EvDnmkyWzgwqFUFczH... Transactions include '(0)... / cb0c109f-b6f5-46d5-aa84-3d235283af83 / Fees(Submitted)' and '(0)... / e942890c-af92-43b6-ad2c-84c84bf25f8f / Fees(Submitted)'.

Below the blocks is a JSON data view showing transaction details:

```
{
  "unconfirmedTransactions": [
  ],
  "rejectedTransactions": [
  ],
  "chain": [
    {
      "Index": 0,
      "TimeStamp": "2025-03-07T09:08:07.3005377Z",
      "Transactions": [
        {
          "Id": "13484be1-ee45-429b-8808-e8e1e85ee0b9",
          "Type": "Fulfillment",
          "SourceRef": "Front Stocking"
        }
      ]
    }
  ]
}
```

Kuva 9. Tilauksen tallennus ketjuun.

## 7 Tulosten analysointi ja arviointi

Vaikka OutSystems ja lohkoketju ovat itsenäisinä teknologioina tehokkaita, niiden yhteiskäyttö ei tarjoa merkittäviä etuja. OutSystems tarjoaa nopean ja sujuvan kehitysprosessin, mutta lohkoketjun integrointi tuo mukanaan teknisiä haasteita. Virheenkorjaus lohkoketjun puolella on monimutkaista ja hidasta verrattuna OutSystemsin sisäiseen kehitykseen. Lisäksi OutSystems-päivitykset tyhjentävät lohkoketjun tiedot, mikä vaatii lisärakenteita ja monimutkaistaa kehitystä.

Lohkoketjun ja OutSystemsin yhdistäminen aiheuttaa tarpeettomia monimutkaisuuksia, jotka voivat hidastaa kehitysprosessia ja lisätä riskejä. Arkkitehtuurien erilaisuus tekee integraatiosta haastavaa, eikä yhdistelmä tarjoa selkeitä hyötyjä verrattuna muihin ratkaisuihin. Lopputuloksena integraatio saattaa enemmän haitata kuin helpottaa kehitystyötä.

## 8 Yhteenveto

Tämän työn tavoitteena oli ensinnäkin analysoida lohkoketjuteknologian ja OutSystems-alustan integroinnin potentiaalia toimitusketjun hallinnassa. Toiseksi tavoitteena oli kehittää prototyyppi, joka havainnollistaa integraation käytännön soveltamista ja mahdollisia hyötyjä. Kolmanneksi pyrittiin arvioimaan prototyypin suorituskykyä sekä sen kykyä vastata liiketoimintatarpeisiin ja tuottaa merkittävää lisäarvoa käyttäjille. Neljäntenä tavoitteena oli laatia suosituksia ja ohjeita organisaatioille, jotka harkitsevat vastaavan integraation toteuttamista toimitusketjun optimoinnin tueksi.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että kaikki tavoitteet saavutettiin siinä mielessä, että integraatiota analysoitiin kattavasti ja prototyyppi rakennettiin sekä testattiin. Myös sen suorituskykyä ja hyötypotentiaalia arvioitiin kriittisesti, ja havaintojen pohjalta muodostettiin suosituksia. Arvioinnissa kuitenkin selvisi, että vaikka lohkoketju ja OutSystems ovat kumpikin tehokkaita omilla osa-alueillaan, niiden yhdistäminen ei käytännössä ole sujuvaa eikä tarjoa merkittäviä lisäetuja toimitusketjun hallintaan. Erityisesti virheenkorjauksen haastavuus, OutSystems-päivitysten vaikutus lohkoketjun tietoihin ja kehitysprosessin monimutkaistuminen muodostivat esteitä tehokkaalle hyödyntämiselle. Näin ollen työ tuotti arvokasta tietoa ja konkreettisia johtopäätöksiä, vaikka lopputulos ei tukenut alkuperäistä oletusta teknologioiden yhdistämisen hyödyllisyydestä.

### 8.1 Mahdolliset kehityssuunnat

Mikäli lohkoketjun ja OutSystemsin yhdistäminen halutaan tehdä toimivaksi, tarvitaan ratkaisuja, jotka varmistavat lohkoketjun tietojen säilymisen myös OutSystems-päivitysten jälkeen. Lisäksi integraation ja virheenkorjauksen tulisi olla mahdollisimman sujuvaa, jotta kehitystyö pysyy hallittavana. On myös tärkeää minimoida lisärakenteiden tarve ja säilyttää kehitysprosessi yksinkertaisena. Mikäli nämä edellytykset eivät täyty, voidaan harkita

vaihtoehtoisia teknologisia ratkaisuja, jotka täyttävät liiketoiminnan vaatimukset ilman tarpeetonta monimutkaisuutta.

## 8.2 Loppupäätelmät

Tämän opinnäytetyön perusteella OutSystemsin ja lohkoketjun yhteiskäyttö ei ole suositeltavaa nykyisessä muodossaan. Haasteet ylittävät mahdolliset hyödyt, ja integraatio voi lisätä riskejä sekä hidastaa kehitysprosessia. Tulevaisuudessa on syytä keskittyä joko erillisiin ratkaisuihin tai kehittää uusia lähestymistapoja, jotka tekevät integraatiosta joustavamman ja tehokkaamman.

## Lähteet

Carson, Brant; Romanelli, Giulio; Walsh, Patricia & Zhumaev, Askhat. 2018. Blockchain beyond the hype: What is the strategic business value? McKinsey & Company.

Christopher, Martin. 2016. Logistics & Supply Chain Management. Pearson Education.

Lambert, Douglas, & Cooper, Martha 2000. Issues in Supply Chain Management. Industrial Marketing Management.

Monczka, Robert; Handfield, Robert; Giunipero, Larry & Patterson, James. 2009. Purchasing and Supply Chain Management. South-Western Cengage Learning.

Nakamoto, Satoshi. 2008. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System.

Saberi, Sara; Kouhizadeh, Mahtab; Sarkis, Joseph & Shen, Lejia. 2018. Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. International Journal of Production Research.

Stadtler, Hartmut; Kilger, Christoph; Meyr, Herbert. 2015. Supply Chain Management and Advanced Planning: Concepts, Models, Software, and Case Studies. Springer.

Zubir, Mohamed Afiq. 2009, A Meta-Analysis of Supply Chain Integration and Firm Performance: The Mediating Effect of Competitive Advantage.

Ala-Koukkari, Jussi. 2020. Lohkoketjuteknologian mahdollisuudet automaatioalalla. Opinnäytetyö. Seinäjoen Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Fjodorov, Artur. 2021. Varastointikustannusten läpinäkyvyys. Opinnäytetyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Granvik, Riina. 2023. Lohkoketjun mahdollisuudet kolmannen osapuolen logistiikkapalveluissa. Opinnäytetyö. Jyväskylän Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Hagqvist, Patrik. 2024. Tekoälyn tulevaisuus osana toimitusketjua. Opinnäytetyö. Vaasan Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Kuivamäki, Antti-Pekka. 2022. Tilaus-toimitusketjun hallinnan kehittäminen. Opinnäytetyö. Jyväskylän Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Latvakoski, Atte. 2020. Lohkoketjut, kryptovaluutat ja tokenit. Opinnäytetyö. Oulun Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Makkonen, Aleksi. 2023. Lohkoketjuteknologia tuotteen toimitusketjussa. Opinnäytetyö. Haaga-Helia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Nenonen, Marko. 2018. Lohkoketjun käyttö ja haasteet toimitusketjun hallinnassa. Opinnäytetyö. Laurea-Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Pursiainen, Marko. 2022. Toimitusketjun kehittäminen digitalisaation avulla. Opinnäytetyö. Jyväskylän Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Reivonen, Tuomas. 2018. Lohkoketjuteknologia ja sen mahdollisuudet yrityksen liiketoiminnassa. Opinnäytetyö. Satakunnan Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Sairanen, Sanna. 2024. Toimitusketjun suorituskyky toimitusverkoston keskittymisen ja hajautumisen näkökulmasta. Toimitusketjujen johtaminen kandidutkielma. Turun Yliopisto. Theseus-tietokanta.

Sorjonen, Manu. 2019. Lohkoketjuteknologia yritysten liiketoiminnassa. Opinnäytetyö. Hämeenlinnan Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

OutSystems. Agile Development with OutSystems. Verkkoaineisto. <<https://www.outsystems.com/application-development/software-development-guide/agile-software-development-methodology/>>. Luettu 18.4.2024.

OutSystems. Documentation. Verkkoaineisto. <<https://success.outsystems.com/documentation/11/>>. Luettu 18.4.2024.

OutSystems. Enterprise Integration Capabilities. Verkkoaineisto. <<https://www.outsystems.com/application-development/enterprise-application-guide/application-integration-eai-explained/>>. Luettu 18.4.2024.

OutSystems. Forge. Reusable Components and Modules. Verkkoaineisto. <<https://www.outsystems.com/forge/>>. Luettu 18.4.2024.

OutSystems. Integrations Made Easy with Integration Builder. Verkkoaineisto. <<https://www.outsystems.com/blog/posts/integration-builder/>>. Luettu 18.4.2024.

OutSystems, Logistics and Supply Chain Tracking Solutions. Verkkoaineisto. <<https://www.outsystems.com/case-studies/estafeta-agile-logistics-solutions/>>. Luettu 18.4.2024.

OutSystems, Low-Code. Verkkoaineisto. <<https://www.outsystems.com/low-code/>>. Luettu 18.4.2024.

OutSystems. Modular Development and Reusability in OutSystems. Verkkoaineisto. <[https://success.outsystems.com/documentation/11/building\\_apps/reusing\\_and\\_refactoring/](https://success.outsystems.com/documentation/11/building_apps/reusing_and_refactoring/)>. Luettu 18.4.2024.

OutSystems. Risk Management and Compliance Solutions. Verkkoaineisto. <<https://www.outsystems.com/industries/>>. Luettu 18.4.2024.

OutSystems. Security Best Practices in OutSystems. Verkkoaineisto. <<https://www.outsystems.com/security/>>. Luettu 18.4.2024.

OutSystems. Supplier Management Solutions. Verkkoaineisto. <<https://www.outsystems.com/industries/>>. Luettu 18.4.2024.

OutSystems. Supply Chain Management Solutions with OutSystems. Verkkoaineisto. <<https://www.outsystems.com/industries/manufacturing/>>. Luettu 18.4.2024.

OutSystems. The Low-Code Platform for Digital Transformation. Verkkoaineisto. <<https://www.outsystems.com/>>. Luettu 18.4.2024.

OutSystems. Use Cases for OutSystems Applications. Verkkoaineisto. <<https://www.outsystems.com/use-cases/>>. Luettu 18.4.2024.

OutSystems. Quality Control and Compliance Management. Verkkoaineisto. <<https://www.outsystems.com/industries/>>. Luettu 18.4.2024.